MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	**101990900154579**
Data Deposito	**07/12/1990**
Data Pubblicazione	**07/06/1992**

Priorità	451588
Nazione Priorità	US
Data Deposito Priorità	

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	02	F		

Titolo

CHIP IN OTTICA INTEGRATA E PROCEDIMENTO PER CONNETTERE UNA FIBRA OTTICA A TALE CHIP

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Chip in ottica integrata e procedimento per connettere una fibra ottica a tale chip"

GCD 89.19 ITD

di: LITTON SYSTEMS, INC., nazionalità statunitense, 360 North Crescent Drive, Beverly Hills, California 90210 (U.S.A.)

Inventore designato: CHIN-LUNG CHANG

Depositata il: 7 Dicembre 1990 67977 - A-90

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

Sfondo dell'invenzione

Questa invenzione si riferisce in generale ad apparecchiature e procedimenti per connettere fibre ottiche a chip in ottica integrata. In particolare, questa invenzione si riferisce ad apparecchiature e procedimenti per interfacciare fibre ottiche e chip in ottica integrata utilizzati per costruire un sensore di rotazione ad anello Sagnac.

Molti sistemi ottici comprendono sia dispositivi in ottica integrata e fibre ottiche. Per esempio una tecnica per costruire un sensore di rotazione che utilizza la differenza di fase tra onde propagantisi in senso inverso in un avvolgimento di fibra ottica comprende la realizzazione di un'apparecchiatura per elaborare e controllare segnali ottici su un chip in ottica integrata e la connessione delle estremità dell'avvolgimento di fibra ottica alle guide d'onda realizzate nel chip. Un accoppiatore a forma di Y viene realizzato alla intersezione di tre guide d'onda ottiche nel

chip in ottica integrata. La luce dalla sorgente di luce viene inviata ad una delle guide d'onda, che quindi guida la luce di ingresso all'accoppiatore a forma di Y.

L'accoppiatore a forma di Y divide quindi la luce in due fasci che formano le onde propagantisi in senso inverso nell'avvolgimento sensore in fibra ottica.

Le tecniche note per connettere le fibre ottiche ai chip in ottica integrata tipicamente comprendono la realizzazione di scanalature a forma di V nei substrati di silicio. Per montare un avvolgimento in fibra ottica sensibile alla rotazione ad un chip in ottica integrata, le fibre sono poste nelle scanalature a forma di V per posizionare le fibre in modo tale che le estremità dell'avvolgimento in fibra ottica siano separate di una distanza uguale alla distanza tra le estremità delle guide d'onda in ottica integrata a cui le fibre devono essere connesse.

Per inserire in modo soddisfacente le fibre ottiche al chip in ottica integrata, entrambe le sfaccettature terminali del chip in ottica integrata e le scanalature a forma di V devono essere lucidate. Sono richieste delle sfaccettature angolate sia per il gruppo di scanalature a forma di V che per il chip in ottica integrata per ridurre le riflessioni di Fresnel in corrispondenza ai giunti di testa tra la fibra ottica e il chip in ottica integrata.

L'accoppiamento incrociato di polarizzazione, in cui

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

la luce con una polarizzazione si accoppia in un'altra polarizzazione è una sorgente di errore nei sensori di rotazione in fibra ottica. Nella maggioranza dei sistemi in sensori di rotazione in fibra ottica gli assi principali delle fibre ottiche birifrangenti e le guide d'onda in ottica integrata devono essere accuratamente allineati per minimizzare l'accoppiamento incrociato di polarizzazione.

L'allineamento degli assi principali richiede un lavoro molto intenso ed è quindi costoso. In più, la connessione del chip in ottica integrata con la fibra ottica con metodi convenzionali non produce una giunzione che sia sufficientemente rigida per sopportare i notevoli urti e vibrazioni ai quali un sistema di navigazione o di guida comprendente un sensore di rotazione in fibra ottica potrebbe essere soggetto.

JACOBACCI - CASETTA & PERANI
S.p.A.

Riassunto dell'invenzione

La presente invenzione fornisce un chip in ottica integrata che elimina i problemi determinati dall'accoppiamento incrociato per polarizzazione nei sensori di rotazione in fibra ottica senza richiedere l'allineamento lungo e costoso degli assi dell'avvolgimento sensore in fibra ottica con le guide d'onda ricavate nel chip in ottica integrata.

Un chip in ottica integrata secondo la presente invenzione comprende un substrato formato su un materiale

attivo otticamente e avente una scanalatura formata in esso.

Una guida d'onda ottica è formata nel chip in ottica integrata per guidare segnali ottici lungo un asse selezionato di propagazione tale che la parte terminale della scanalatura comprende una superficie terminale della guida d'onda ottica. La superficie terminale della guida d'onda ottica viene formata realizzando un angolo con la direzione di propagazione della luce nella guida d'onda ottica per ridurre la quantità di luce riflessa alla superficie terminale della guida d'onda ottica.

La scanalatura viene formata per ricevere in essa una lunghezza di una fibra ottica che giuntata alla superficie terminale della guida d'onda ottica per formare una interfaccia tale che la luce si possa propagare tra la guida d'onda ottica e la fibra ottica. L'angolo della estremità della guida d'onda ottica viene ricavato di modo che la luce riflessa all'interfaccia indietro verso la fibra ottica incida sul limite nucleo/rivestimento ad un angolo che permetta la rifrazione dal nucleo nel rivestimento. L'angolo dell'estremità della guida d'onda ottica è preferibilmente nel campo di 5° a 25°.

Il chip in ottica integrata secondo la presente invenzione preferibilmente comprende una prima, seconda e terza guida d'onda ottica formate nel substrato per guidare i segnali ottici lungo assi selezionati di propagazione. Le

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

scanalature nel chip in ottica integrata sono formate ai bordi del chip in ottica integrata per corrispondere alle guide d'onda ottiche di modo che una parete terminale di ciascuna scanalatura comprenda una superficie terminale della corrispondente guida d'onda ottica. La prima, seconda e terza guida d'onda ottica sono connesse ad una giunzione per formare un accoppiatore a Y tale che i segnali ottici in ingresso al chip in ottica integrata alla prima guida d'onda ottica si propaghino all'accoppiatore a Y e si dividano tra la prima e la seconda guida d'onda ottica e i segnali ottici in ingresso al chip in ottica integrata alla seconda e terza guida d'onda ottica si combinino all'accoppiatore a Y e interferiscano gli uni con gli altri.

La presente invenzione può comprendere un sensore di rotazione in fibra ottica formato per comprendere il chip in ottica integrata descritto sopra.

Breve descrizione dei disegni

Figura 1 è una vista prospettica del chip in ottica integrata che illustra le scanalature di accoppiamento formate secondo l'invenzione alle estremità delle guide d'onda che formano un accoppiatore a forma di Y sul chip in ottica integrata;

Figura 2 è una vista piana del chip in ottica integrata di Figura 1;

Figura 3 è una vista di estremità che illustra il chip

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

in ottica integrata delle Figure 1 e 2 connesso a un avvolgimento sensore in fibra ottica e una fibra ottica che immette luce nelle guide d'onda formate sul chip;

Figura 4 illustra schematicamente la connessione tra estremità di una fibra ottica ed una guida d'onda formata nel chip in ottica integrata;

Figura 5 è una vista d'estremità della fibra ottica di Figura 4; e

Figura 6 è una vista d'estremità di una parte del chip in ottica integrata delle Figure 1-3 che illustra la guida d'onda in ottica integrata.

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

Descrizione della forma di realizzazione preferenziale

Con riferimento alle Figure 1 e 2, un chip in ottica integrata 10 è preferibilmente formato su un materiale attivo otticamente come niobato di litio.

Tre guide d'onda ottiche 12, 14 e 16 sono formate nel chip in ottica integrata 10. La guida d'onda ottica può essere formata mascherando il substrato e drogandolo con ioni di titanio utilizzando le tecniche descritte nel U.S. Patent No. 4.904.038, emesso il 27 Febbraio 1990 a Chang e posseduto dall'assegnatario della presente invenzione.

Le guide d'onda 12, 14 e 16 si incontrano ad una giunzione 18. Perciò, la luce immessa nella guida d'onda 12 dalla sinistra come vista in figura 1 si dividerà tra le guide d'onda 14 e 16 in corrispondenza alla giunzione 18.

La luce immessa alle guide d'onda 14 e 16 si combina in corrispondenza alla giunzione 18 ed entra nella guida d'onda 12.

Una scanalatura 22 viene formata nel chip in ottica integrata 10 ad una faccia terminale 24 di modo che una estremità 23 della guida d'onda 12 si appoggi alla parete terminale 25 nella scanalatura 22. Le guide d'onda 14 e 16 si appoggiano alle scanalature 26 28, rispettivamente, che sono formate in una faccia terminale 30 del chip in ottica integrata 10. Due delle scanalature, per esempio le scanalature 22 e 26, possono essere sostanzialmente identiche con la sola differenza essenziale costituita dal fatto che esse sono formate su facce terminali differenti del chip in ottica integrata 10.

Tuttavia, le scanalature 26 e 28 sono formate di modo che una di esse, per esempio, la scanalatura 28 si estenda entro il chip in ottica integrata 10 per una distanza maggiore rispetto a quella della scanalatura 26. La scanalatura 26 presenta una lunghezza l_1 che è minore della lunghezza l_2 della scanalatura 28. La differenza nelle lunghezze delle scanalature è $\Delta l = l_2 - l_1$. Le guide d'onda 14 e 16 differiscono così in lunghezza di Δl.

Con riferimento alla Figura 3, il chip in ottica integrata 10 può essere utilizzato in un sistema sensore di rotazione 34 che comprende una sorgente di segnale ottico

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

36, una fibra ottica 38 ed una fibra ottica 40 avente un avvolgimento sensore 41 formato in essa. Una pluralità di elettrodi 43A-43D può essere formata sul substrato 10 per fornire mezzi per polarizzare e modulare la fase dei segnali ottici guidati dalle guide d'onda 14 e 16. Gli elettrodi 43A e 43B possono essere formati su lati opposti della guida d'onda 14 e gli elettrodi 43C e 43D possono essere formati su lati opposti della guida d'onda 16. Altri elettrodi (non illustrati) possono essere formati sul substrato per modulare la birifrangenza della giunzione 18 o per polarizzare segnali ottici guidati dalla guida d'onda 12.

La fibra ottica 38 è montata nella scanalatura 22 ed è giuntata in testa alla guida d'onda 12. Come illustrato nelle Figure 2, 4 e 5, la fibra ottica 40 comprende un nucleo 46 ed un rivestimento 48 che circonda il nucleo 46. Il nucleo e il rivestimento non sono illustrati in scala nei disegni. Il diametro del rivestimento è molte volte più grande del diametro del nucleo.

La Figura 6 illustra l'estremità della scanalatura 26 e la guida d'onda 14. Tutte le guide d'onda 12, 14 e 16 possono essere formate sostanzialmente in modo identico.

Perciò, la descrizione della guida d'onda 14 si applica anche alle guide d'onda 12 e 16. La guida d'onda 14 può generalmente essere di sezione rettangolare. La guida d'onda 14 presenta angoli 50 e 51 internamente al substrato 10 che

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

possono essere in qualche modo arrotondati come illustrato in Figura 6. L'area di sezione trasversale della guida d'onda 14 è preferibilmente all'incirca uguale all'area della sezione trasversale del nucleo 46 per fornire un accoppiamento efficiente di luce tra la guida d'onda 14 e la fibra ottica 40.

La larghezza della scanalatura 26 come illustrato in figura 6 è preferibilmente leggermente più grande del diametro del rivestimento 48. L'estremità 42 della fibra ottica 40 può essere montata nella scanalatura 26 con un certo numero di tecniche diverse. Una tecnica prontamente disponibile per fissare la fibra nella scanalatura è l'impiego di un adesivo come una resina epossidica. Un'altra tecnica adatta comprende il posizionamento di un dielettrico come silice fusa nella scanalatura 26 ed intorno alla fibra ottica 40. Ancora un'altra tecnica adatta comprende le fasi di deposizione di una pellicola metallica nella scanalatura 26, la metallizzazione delle estremità 44 della fibra ottica e il posizionamento della fibra metallizzata nella scanalatura.

Con riferimento alla Figura 3, la sorgente di segnale ottico 36 e la fibra ottica 38 sono disposte di modo che la fibra ottica 38 riceva i segnali ottici in uscita dalla sorgente di segnale ottico 36 e li guidi alla guida d'onda 12. La guida d'onda 12 guida la luce dalla sorgente di

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

segnale ottico 36 alla giunzione 18 dove la luce sorgente si divide tra le guide d'onda 14 e 16. Le estremità 42 e 44 dell'avvolgimento sensore in fibra ottica 41 sono montate nelle scanalature 26 e 28, rispettivamente di modo che le estremità dell'avvolgimento sensore in fibra ottica 41 siano giuntate in testa alle guide d'onda corrispondenti. La luce dalla sorgente quindi esce dalle guide d'onda 14 e 16 ed entra attraverso le estremità 42 e 44, rispettivamente, dell'avvolgimento sensore in fibra ottica 41 per formare le due onde propagantesi in senso inverso che sono richieste per rivelare la rotazione per mezzo dell'effetto Sagnac. Come illustrato in Figura 3, la luce immessa all'estremità 42 dell'avvolgimento sensore in fibra ottica 41 forma l'onda rotante in senso antiorario e la luce immessa all'estremità 44 forma l'onda rotante in senso orario.

Le onde propagantisi in senso inverso viaggiano attraverso l'avvolgimento sensore in fibra ottica 41 e subiscono uno scorrimento di fase se l'avvolgimento sensore in fibra ottica 41 sta ruotando intorno a una linea perpendicolare al piano dell'avvolgimento. L'onda ruotante in senso orario si immette quindi nella guida d'onda 16, e l'onda ruotante in senso antiorario si immette nella guida d'onda 14. Le onde che hanno subito lo scorrimento di fase si propagano quindi alla giunzione 18 dove si combinano per formare un profilo di interferenza. Un accoppiatore in fibra ottica 49 può

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

essere impiegato per accoppiare le onde combinate fuori dalla fibra 38 ed in una fibra ottica 51. La fibra 51 guida la luce a un rivelatore 53 che produce un segnale elettrico indicativo del profilo di interferenza. Un circuito di elaborazione di segnale determina quindi la velocità di rotazione dell'avvolgimento sensore in fibra ottica 41.

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

Con riferimento alla Figura 4, il montaggio della guida d'onda 14 nella scanalatura 26 è illustrato in maggiore dettaglio che in Figura 3. Il nucleo dell'avvolgimento sensore in fibra ottica 41 presenta un indice di rifrazione di circa $n_1 = 1,45$ mentre la guida d'onda 14 presenta un indice di rifrazione di circa $n_2 = 2,2$. E' noto dalla teoria elettromagnetica che quando la luce incide su una interfaccia tra materiali dielettrici aventi indici di rifrazione differenti, parte delle luce si rifrange attraverso l'interfaccia da un materiale verso l'altro e il resto della luce si riflette dall'interfaccia. Questa riflessione è a volte denominata riflessione di Fresnel. La frazione della luce riflessa è caratterizzata da un coefficiente di riflessione. Per incidenza normale sull'interfaccia il coefficiente di riflessione è

$$R = \left| \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right| = \frac{2.2 - 1.45}{2.2 + 1.45} \approx 0.21,$$

che indica che circa il 21% della luce incidente sarebbe riflessa indietro verso l'avvolgimento sensore in fibra

ottica 41 quando la luce incide sulle guide d'onda dopo aver attraversato l'avvolgimento sensore in fibra ottica 41.

Questa riflessione delle onde indietro nell'avvolgimento sensore in fibra ottica 41 mescola le onde ruotanti in senso orario ed antiorario e determina gravi errori nell'uscita del sistema sensore di rotazione in fibra ottica.

Allo scopo di minimizzare la quantità di luce riflessa che resta nell'avvolgimento sensore in fibra ottica 41, le scanalature vengono formate in maniera tale che la luce sia incidente sull'interfaccia ottica fibra/guida d'onda ad un angolo di 10° a 15° come illustrato nelle Figure 2 e 4.

L'estremità dell'avvolgimento sensore in fibra ottica 41 e la guida d'onda 14 sono giuntate di modo che il nucleo 46 della fibra sia allineata con la guida d'onda.

La freccia 51 rappresenta la luce propagantesi nel nucleo 46 verso l'interfaccia 52 tra il nucleo 46 e la guida d'onda 14. Parte della luce propagantesi nella fibra verso l'interfaccia 52 verrà rifratta nella guida d'onda 16, e parte della luce verrà riflessa. La freccia 54 rappresenta la luce riflessa all'interfaccia 52. La freccia 56 indica la parte della luce riflessa che esce dal nucleo 46 rifrangendosi all'interfaccia nucleo/rivestimento. La freccia 58 rappresenta la parte della luce che si riflette all'interfaccia 52 e che rimane guidata dal nucleo 46. La freccia 60 rappresenta la parte della luce incidente che si

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

rifrange all'interfaccia 52 per propagarsi dalla fibra ottica 40 nella guida d'onda 14.

Secondo la legge di riflessione di Snell, l'angolo θ della luce riflessa relativa alla normale all'interfaccia 52 è uguale all'angolo ϕ di incidenza. La maggior parte della luce riflessa inciderà quindi l'interfaccia nucleo/rivestimento ad un angolo minore dell'angolo critico per la riflessione totale interna e si rifrangerà quindi fuori dal nucleo nel rivestimento. Una piccola parte della luce incidente sull'interfaccia nucleo/rivestimento si rifletterà nel nucleo ad un angolo tale da permettere al nucleo di guidarlo. Le irregolarità di superficie all'interfaccia diffonderanno parte della luce indietro verso il nucleo ad un angolo tale che il nucleo guiderà una piccola parte della luce diffusa.

Tuttavia, l'avere la luce incidente sulla interfaccia fibra/guida d'onda ad un angolo di 10° a 15° riduce la luce riflessa di circa 60 dB.

Tuttavia, la birifrangenza delle guide d'onda e delle fibre ottiche presentano difficoltà aggiuntive superate dalla presente invenzione. I segnali ottici hanno due componenti ortogonali di polarizzazione lineare. La birifrangenza determina delle velocità di propagazione leggermente differenti per le due componenti di polarizzazione.

Precedenti tentativi di costruire sensori di rotazione in fibra ottica prevedevano l'allineamento degli assi di

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

birifrangenza dell'avvolgimento sensore in fibra ottica 41 con quelli delle guide d'onda 14 e 16. Un disallineamento degli assi della fibra e delle guide d'onda cui essa è giuntata determina la presenza di componenti lungo entrambi gli assi nella guida d'onda di entrambe le polarizzazioni nella fibra. Similmente, entrambi le polarizzazioni nella guida d'onda presentano componenti lungo entrambi gli assi nella fibra. Perciò, nel caso in cui i segnali luminosi attraversino l'interfaccia fibra/guida d'onda, vi è un significativo accoppiamento incrociato delle due polarizzazioni. Nei sistemi precedenti questo accoppiamento incrociato di polarizzazione causa errori di polarizzazione varianti sinusoidalmente che non possono essere corretti.

La sorgente di segnale ottico impiegata in un tipico sistema sensore di rotazione in fibra ottica è un dispositivo a larga banda che emette segnali ottici aventi una lunghezza di coerenza λ_{coh} di circa 50 μm. Dal momento che le guide d'onda sono birifrangenti, le due componenti di polarizzazione diventeranno scorrelate di modo che non vi sia alcuna relazione distinguibile tra una componente di polarizzazione lungo uno degli assi ed una polarizzazione lungo l'altro asse. La distanza richiesta alle componenti di polarizzazione per scorrelarsi è la lunghezza di depolarizzazione.

L'allineamento degli assi di birifrangenza è molto

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

laborioso e perciò, costoso. E' stato verificato che è impossibile allineare gli assi della fibra e gli assi della guida d'onda in modo sufficientemente accurato per eliminare l'accoppiamento incrociato di polarizzazione.

La presente invenzione evita la difficoltà dell'accoppiamento incrociato di polarizzazione senza porre stringenti richieste sull'allineamento degli assi di birifrangenza delle guide d'onda 14 e 16 con quelli delle estremità 42 e 44 dell'avvolgimento sensore in fibra ottica 41. La differenza delle lunghezze delle guide d'onda 14 e 16 viene formata per essere maggiore della lunghezza di coerenza. La differenza delle lunghezze delle guide d'onda 14 e 16 determina una asimmetria nell'accoppiamento incrociato di polarizzazione. La presenza di questa asimmetria nell'accoppiamento incrociato di polarizzazione permette l'eliminazione dell'errore determinato dall'accoppiamento incrociato impiegando tecniche di elaborazione di segnale.

Le scanalature 22, 26 e 28 possono essere formate da qualsiasi tecnica conveniente utilizzata nella fabbricazione di chip in ottica integrata. In particolare, la incisione a fusione guidata da laser o i processi di incisione a ioni reattivi sono adatti per formare queste scanalature. La fusione guidata da laser presenta il vantaggio di fornire una più elevata velocità di incisione rispetto ad altre

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

tecniche. L'incisione a ioni reattivi (RIE) viene descritta da David J. Elliot, Integrated Circuit Fabrication Technology, p. 282 (McGraw-Hill, 1982). La RIE prevede di accelerare degli ioni e di dirigerli sul substrato dove gli ioni incidono il substrato sia spostando fisicamente il materiale del substrato sia tramite reazioni chimiche.

L'incisione per fusione guidata da laser prevede la radiazione diretta su un substrato ionico rivestito sulla sua superficie di uno strato di materiale reagente. La radiazione, che è preferibilmente una luce da un laser (non illustrato) determina nel materiale reagente l'induzione di una liquefazione localizzata in corrispondenza alla superficie del substrato. Questa liquefazione del substrato permette al substrato e al reagente di sottostare a una reazione di fusione. Un adatto solvente può quindi essere utilizzato per rimuovere il prodotto della reazione di fusione. Il processo di incisione per fusione guidata da laser viene descritto in dettaglio nel United States Patent 4.838.989, che emesso il 13 Giugno 1989 a Ashby et al. Impiego della fusione guidata da laser per incidere il niobato di litio viene descritto da Ashby et al., Appl. Phys. Lett. 49 (8), 25 Agosto 1986, pp. 475-477.

Quando applicato al niobato di litio, il processo di fusione guidato da laser prevede la fusione localizzata spazialmente di $LiNbO_3$ tramite impulsi laser ad alta densità

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

di potenza con energie fotoniche in eccesso rispetto alla separazione di banda del $LiNbO_3$ (4,0 eV, 310 nm), che confina la deposizione di potenza sulla regione superficiale.

L'energia fotonica deve essere sufficientemente bassa per permettere una efficiente trasmissione attraverso uno strato di fluoruro di potassio (KF) posizionato sulla superficie del $LiNbO_3$. Il $LiNbO_3$ fuso dal laser reagisce con il KF per formare il complesso di anioni di ossifluoruro di niobio per fusione dei sali. Il solido risultante è altamente idrosolubile, mentre il $LiNbO_3$ è insolubile in acqua. Perciò, il materiale può essere rimosso solamente dalla regione irradiata utilizzando acqua.

Entrambe le tecniche di incisione a ioni reattivi e di fusione guidata da laser producono sfaccettature terminali di qualità speculare ad angoli di 10° a 15° sui bordi del chip in ottica integrata 10 come desiderato per evitare che una eccessiva quantità di luce si' rifletta indietro nell'avvolgimento sensore all'interfaccia guida d'onda/fibra.

Le tecniche precedentemente utilizzate per formare le scanalature di accoppiamento prevedono la lucidatura dei bordi del substrato di modo che una fibra ottica possa essere accoppiata ad una guida d'onda nel chip in ottica integrata.

Le strutture e i procedimenti qui descritti illustrano i principi della presente invenzione. L'invenzione può essere realizzata in altre forme specifiche senza allontanarsi dal

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

suo spirito o dalle caratteristiche essenziali. Perciò, le forme di realizzazione descritte devono essere considerate da tutti i punti di vista come degli esempi e delle illustrazioni piuttosto che come delle restrizioni. Perciò, le rivendicazioni allegate piuttosto che la precedente descrizione definiscono la portata dell'invenzione. Tutte le modifiche alle forme di realizzazione qui descritte che rientrano entro il significato e il campo di equivalenza delle rivendicazioni sono comprese entro la portata dell'invenzione.

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

RIVENDICAZIONI

Le forme di realizzazione dell'invenzione in cui viene rivendicata una proprietà esclusiva o privilegio sono definite come segue:

1. - Un chip in ottica integrata, caratterizzato da:

un substrato formato su un materiale otticamente attivo ed avente una scanalatura formata in esso; e

una guida d'onda formata nel chip in ottica integrata per guidare segnali ottici lungo un asse selezionato di propagazione, tale che una parete di estremità della scanalatura comprenda una superficie terminale della guida d'onda ottica, la superficie terminale della guida d'onda ottica essendo formata per formare un angolo con la direzione di propagazione della luce nella guida d'onda ottica per ridurre la quantità di luce riflessa alla superficie

suo spirito o dalle caratteristiche essenziali. Perciò, le forme di realizzazione descritte devono essere considerate da tutti i punti di vista come degli esempi e delle illustrazioni piuttosto che come delle restrizioni. Perciò, le rivendicazioni allegate piuttosto che la precedente descrizione definiscono la portata dell'invenzione. Tutte le modifiche alle forme di realizzazione qui descritte che rientrano entro il significato e il campo di equivalenza delle rivendicazioni sono comprese entro la portata dell'invenzione.

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

RIVENDICAZIONI

Le forme di realizzazione dell'invenzione in cui viene rivendicata una proprietà esclusiva o privilegio sono definite come segue:

1. - Un chip in ottica integrata, caratterizzato da:

un substrato formato su un materiale otticamente attivo ed avente una scanalatura formata in esso; e

una guida d'onda formata nel chip in ottica integrata per guidare segnali ottici lungo un asse selezionato di propagazione, tale che una parete di estremità della scanalatura comprenda una superficie terminale della guida d'onda ottica, la superficie terminale della guida d'onda ottica essendo formata per formare un angolo con la direzione di propagazione della luce nella guida d'onda ottica per ridurre la quantità di luce riflessa alla superficie

terminale della guida d'onda ottica.

2. - Il chip in ottica integrata della rivendicazione 1 dove la scanalatura viene formata per ricevere in essa una lunghezza di una fibra ottica, la fibra ottica avente un nucleo ed un rivestimento che circonda il nucleo, la fibra ottica essendo giuntata alla superficie terminale della guida d'onda ottica per formare una interfaccia tale che la luce si possa propagare tra la guida d'onda ottica e la fibra ottica, l'angolo dell'estremità della guida d'onda ottica essendo formato tale che la luce riflessa all'interfaccia indietro verso la fibra ottica incida sul confine nucleo/rivestimento ad un angolo che permetta la rifrazione dal nucleo nel rivestimento.

3. - Il chip in ottica integrata della rivendicazione 2 dove l'angolo dell'estremità della guida d'onda ottica è nel campo di 5° a 25°.

4. - Un chip in ottica integrata, caratterizzato da:

un substrato formato su un materiale otticamente attivo;

prima, seconda e terza guida d'onda ottica formate nel substrato per guidare i segnali ottici lungo selezionati assi di propagazione, prima, seconda e terza scanalatura essendo formate ai bordi del chip in ottica integrata per corrispondere alle guide d'onda ottiche di modo che una parete terminale di ciascuna scanalatura comprenda una superficie terminale della corrispondente guida d'onda

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

ottica, la superficie terminale della guida d'onda ottica essendo formata per formare angoli selezionati con la direzione di propagazione della luce nelle guide d'onda ottiche, la prima, seconda e terza guida d'onda ottica essendo connesse ad una giunzione per formare un accoppiatore ad Y tale che i segnali ottici immessi nel chip in ottica integrata alla prima guida d'onda ottica si propaghino all'accoppiatore ad Y e si dividano tra la prima e la seconda guida d'onda ottica ed i segnali ottici immessi nel chip in ottica integrata in corrispondenza alla seconda e terza guida d'onda ottica si combinino all'accoppiatore ad Y ed interferiscano gli uni con gli altri.

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

5. - Il chip in ottica integrata della rivendicazione 1 in cui ciascuna scanalatura viene formata per ricevere in essa una lunghezza di una corrispondente fibra ottica, ciascuna fibra ottica avente un nucleo ed un rivestimento che circonda il nucleo, le fibre ottiche essendo giuntate alle superfici di estremità delle guide d'onda ottiche per formare le interfacce dove la luce si possa propagare tra la guida d'onda ottica e la fibra ottica, gli angoli dell'estremità delle guide d'onda ottiche essendo formati tali che la luce riflessa all'interfaccia indietro verso la fibra ottica incida il confine nucleo/rivestimento ad un angolo che permetta la rifrazione dal nucleo nel rivestimento.

6. - Il chip in ottica integrata della rivendicazione 2 dove l'angolo della estremità della guida d'onda ottica è nel campo di 5° a 25°.

7. - Un sensore di rotazione in fibra ottica, caratterizzato da:

una sorgente di segnale ottico;

un substrato formato su un chip di un materiale otticamente attivo;

prima, seconda e terza guida d'onda ottica formate nel substrato per guidare segnali ottici da una sorgente di segnale ottico lungo selezionati assi di propagazione, prima, seconda e terza scanalatura essendo formate nei bordi del chip in ottica integrata per corrispondere alle guide d'onda ottiche di modo che una parete terminale di ciascuna scanalatura comprenda una superficie terminale della corrispondente guida d'onda ottica, le superfici terminali delle guide d'onda ottiche essendo formate per formare angoli selezionati con la direzione di propagazione della luce nelle guide d'onda ottiche, la prima, seconda e terza guida d'onda ottica essendo connesse ad una giunzione per formare un accoppiatore ad Y tale che i segnali ottici immessi nel chip in ottica integrata alla prima guida d'onda ottica si propaghino nell'accoppiatore ad Y e si dividano tra la prima e la seconda guida d'onda ottica ed i segnali ottici immessi nel chip in ottica integrata alla seconda e terza guida

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

d'onda ottica si combinino all'accoppiatore ad Y ed interferiscano gli uni con gli altri;

una prima fibra ottica montata nella prima scanalatura per guidare la luce dalla sorgente di segnale ottico alla prima guida d'onda ottica;

un avvolgimento sensore in fibra ottica avente le sue estremità montate nella seconda e terza scanalatura, le fibre ottiche essendo giuntate alle superfici terminali delle guide d'onda ottiche per formare interfacce dove la luce possa propagarsi tra la guida d'onda ottica e la fibra ottica, gli angoli delle estremità delle guide d'onda essendo formati di modo che una parte della luce riflessa all'interfaccia indietro verso le fibre ottiche si rifranga nel rivestimento;

mezzi per controllare la polarizzazione della luce guidata dalle guide d'onda ottiche;

mezzi per modulare la fase della luce guidata dalle guide d'onda ottiche;

mezzi per rivelare il profilo di interferenza delle onde luminose che si combinano nell'accoppiatore ad Y; e

mezzi di elaborazione di segnale per determinare la velocità di rotazione dell'avvolgimento sensore in fibra ottica.

JACOBACCI - CASETTA & PERANI S.p.A.

PER INCARICO

Ing. Gianc[illegible] NOTARO
N. [illegible] 368
(in proprio e per gli altri)

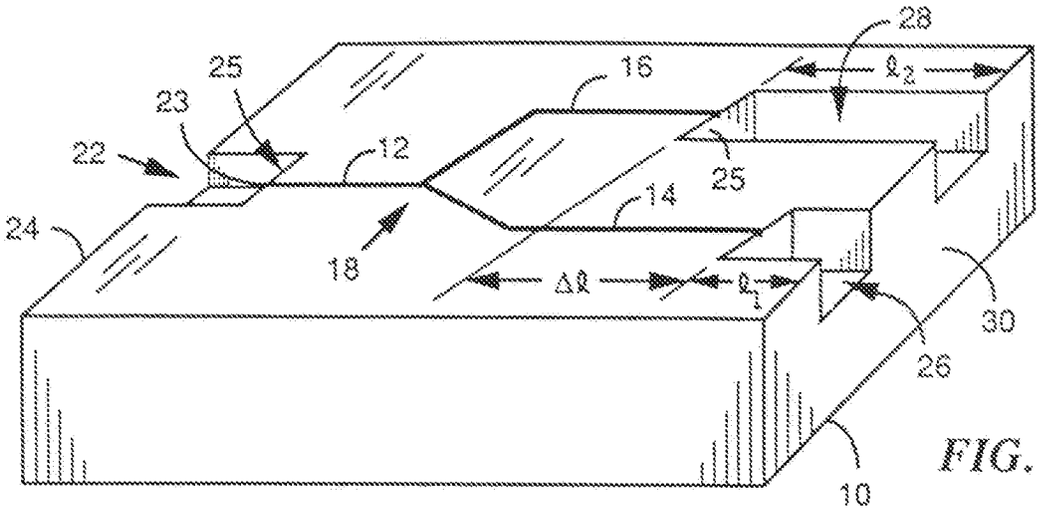


FIG. 1

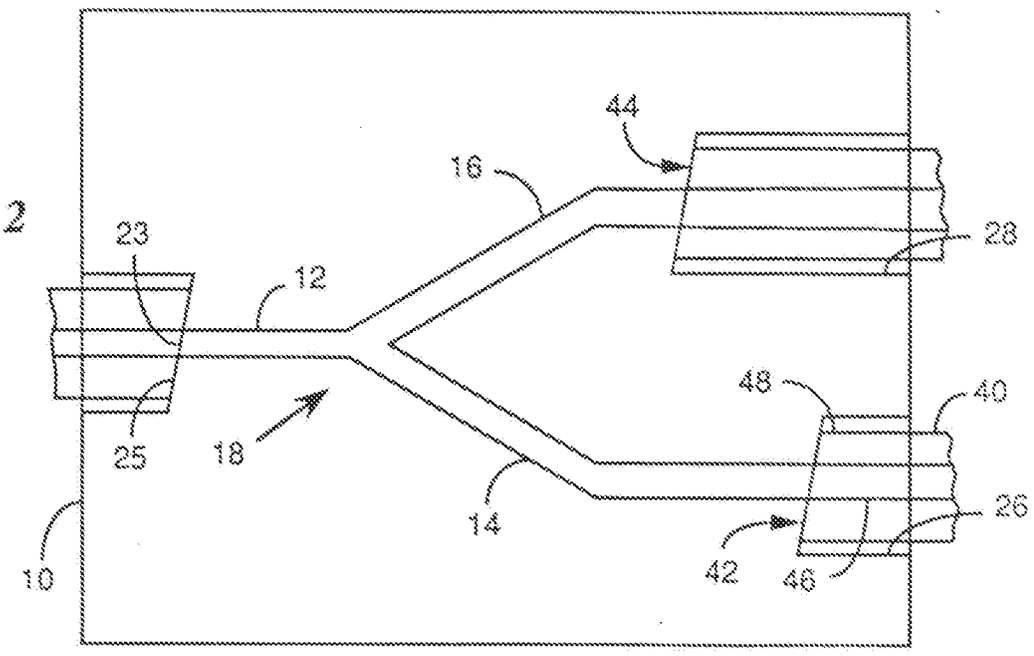


FIG. 2

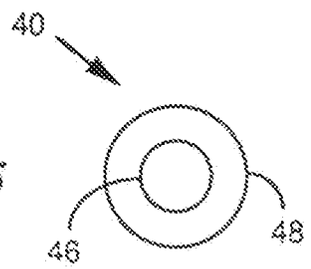


FIG. 5

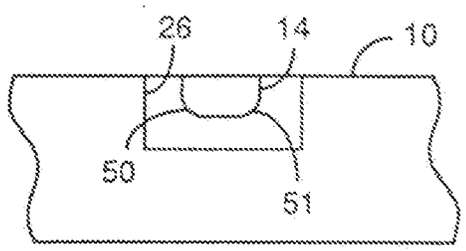


FIG. 6

Per incarico di LITTON SYSTEMS, INC.

Ing. Claudio TARO

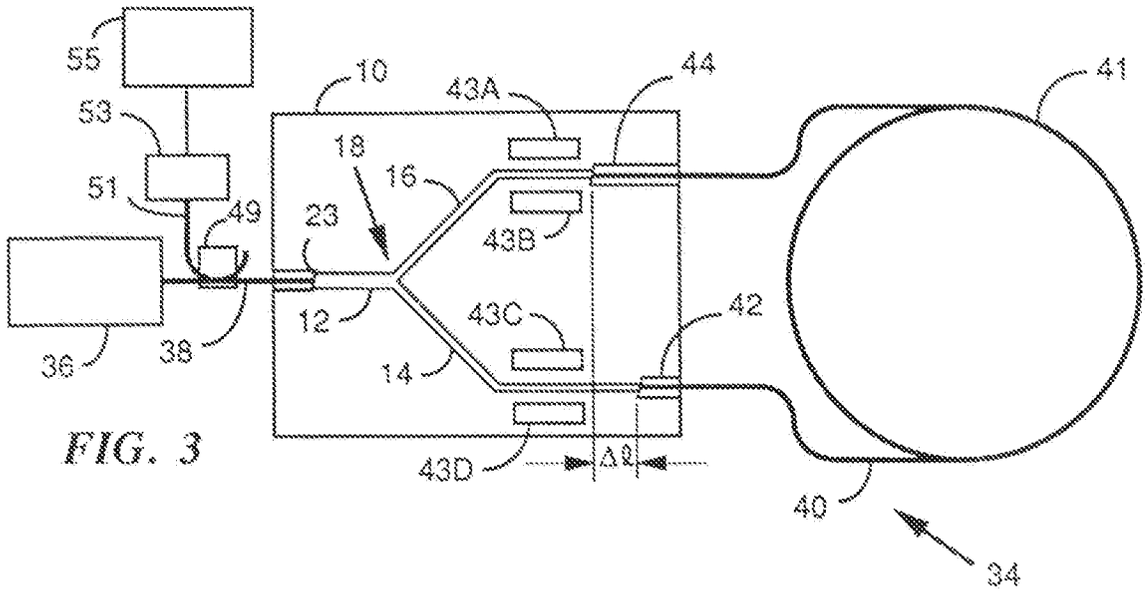


FIG. 3

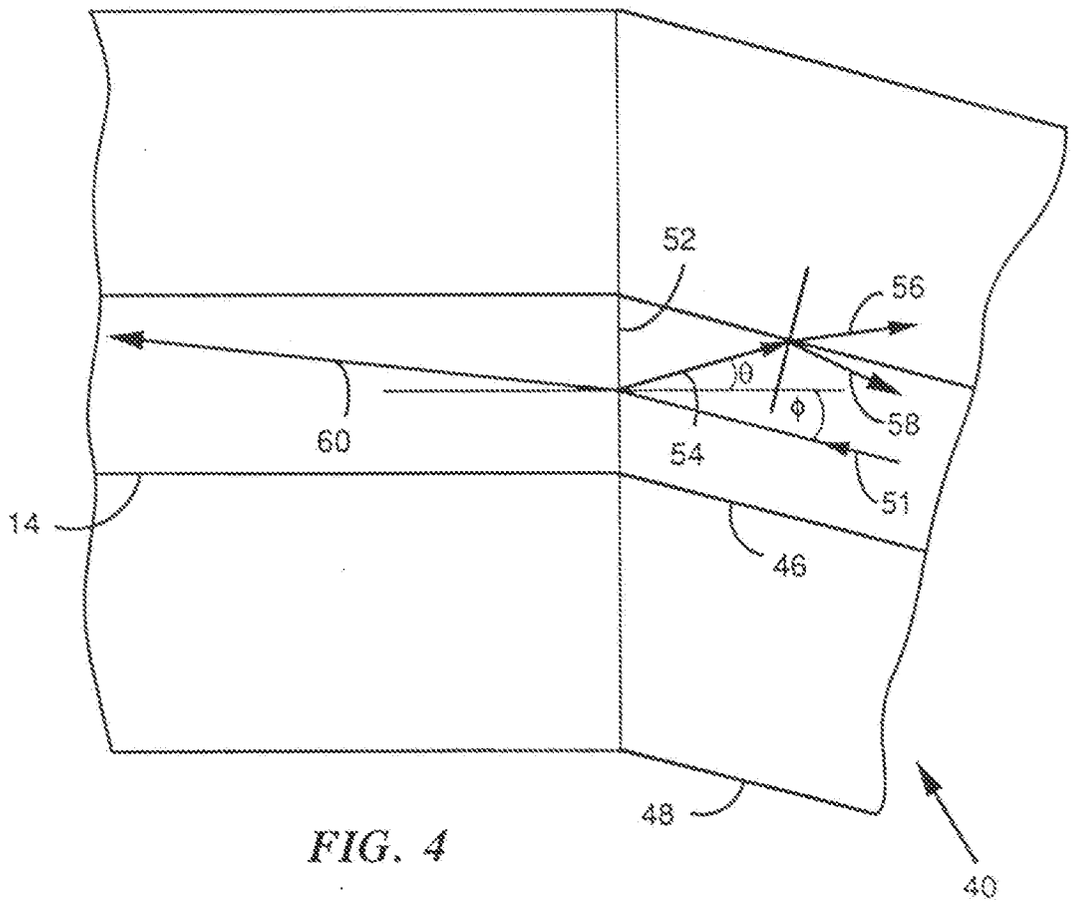


FIG. 4

Per incarico di LITTON SYSTEMS, INC.